

# НАУКА, ТЕХНОЛОГИЯ И ОБЩЕСТВО

## SCIENCE, TECHNOLOGY AND SOCIETY

DOI 10.15826/B978-5-7996-1352-5.0004



М. А. Акоев

Заместитель  
директора Центра  
мониторинга на-  
уки и образования  
Уральского феде-  
рального универси-  
тета имени первого  
Президента России  
Б. Н. Ельцина.

*This chapter examines the opportunities and limitations of scientometrics as a tool for R&D resource allocation. The author describes various approaches of using the quantitative and qualitative indicators of research productivity. Universities, research and government organizations demonstrate a growing demand for scientometric resources and tools. The reasons for this demand are considered and the role of scientometric specialists in research organizations is examined. The link between the research and technological processes is demonstrated and the life cycle of research and technological innovations is explored. The author considers various aspects of resource allocation for research and development, and applications of scientometric methods for assessment of resource allocation effectiveness. Lastly, the author considers the time lag between resource allocation and production of measurable output in research and development.*

*В главе рассматриваются возможности и ограничения наукометрии в процессах принятия решений об эффективности выделения ресурсов для поддержки научной работы. Описаны подходы к построению экспертных оценок количественных и качественных показателей научной продуктивности. Рассмотрены причины роста интереса и востребованности методов наукометрии со стороны администрации научных заведений и государственных органов управления. Рассмотрена также роль специалистов по наукометрии в научной организации. Показана связь между научным и технологическим процессами и представлен жизненный цикл научной и технологической продукции. Рассмотрен вопрос учета численности научного персонала и ресурсного обеспечения научной деятельности для оценки эффективности научного и технологического процессов, а также вопрос численности ученых и вариантов измерения научной продуктивности. Представлена картина взаимосвязей и задержки времени появления измеримых артефактов научной и технологической продукции.*

*Скажите мне, как вы измеряете мою деятельность, и я скажу вам, как буду себя вести. Если вы измеряете мою деятельность нелогично, не жалуйтесь на нелогичное поведение.*

**Ильяху Голдратт, автор Theory of Constraint**

Наукометрия вызывает противоречивые мнения в обществе. Представители органов власти видят в наукометрии высшее мерило вклада любого ученого или научной организации, а ученые видят в ней в луч-

шем случае веяния, призванные усложнить их жизнь. При этом высказываемые мнения поляризуются от обоснованного указания на особенности отдельных наук, делающих применение методов наукометрии сложными или

невозможными [Игра в цифры, 2011], до сожаления, например, что Хорхе Хирш, автор индекса Хирша, не утонул в молодости (от известного астрофизика и писателя Н. Н. Горькавого [Горькавый, 2014]).

Полярность мнений в отношении возможности использования наукометрии для оценки научной деятельности наблюдается давно, что связано с конфликтом интересов участников и сложностью в достижении компромисса. Противоречие можно было бы преодолеть, если бы существовала процедура, позволяющая оценить качество научного результата без задержки в годы или даже десятилетия от момента получения результата до последствий его внедрения в практику. Суть противоречия в том, что использование наукометрических индикаторов вносит формальный элемент в процесс распределения ресурсов на научные исследования. Этот элемент, с одной стороны, слабо поддается непосредственному манипулированию со стороны соискателя, а с другой стороны, может применяться с существенными искажениями. В действительности наукометрия может быть использована как одна из составляющих процесса распределения ресурсов, причем не только лицами, принимающими решения, но и соискателями. Результат конкурентного распределения ресурсов всегда будет порождать проигравших, но соответствующая организация процесса распределения может привести к тому, что проигравшие будут считать этот результат справедливым [Ловушки мышления, 2014, с. 242–254].

Два ключевых фактора повышают справедливость процесса. Речь идет о полноте и доступности информации и о соблюдении правил [Медоуз, 2010, с. 254–258]. Наукометрия, с некоторыми ограничениями, может сделать более доступной информацию

в процессах принятия решения, но она не может быть применена для всех областей научной деятельности. Например, в процитированном выше высказывании Николая Николаевича Горькавого указывается на неприменимость наукометрических показателей в деятельности NASA, непосредственные результаты работы которой являются прикладными и могут не отражаться наукометрическими индикаторами [Горькавый, 2014]. Кроме того, наукометрия не может гарантировать соблюдение правил, как, собственно, и экспертные оценки, которые будут рассмотрены далее в главе. Если правила, по которым производится распределение ресурсов, сначала декларируются, а потом явно или неявно нарушаются, то применение наукометрических методов не повысит качество принимаемых решений, поскольку нарушение правил будет подталкивать участников процесса к непосредственному воздействию на лицо, принимающее решение. Это относится как к той части процесса, которая обеспечивает выигрыш, так и к части, связанной с представлением результата.

Может быть, если процесс распределения ресурсов настолько сложен, то имеет смысл исключить его и предоставлять всем ученым ресурсы в соответствии с их потребностями, диктуемыми проводимыми исследованиями? Два фактора препятствуют удовлетворению произвольного научного любопытства за счет налогоплательщиков: ограниченность выделяемых ресурсов и управление направлениями исследований.

Число ученых в любой стране должно соответствовать потребности в результатах их деятельности и возможности экономики страны обеспечивать ученых ресурсами. Если направления исследований неизменны, а экономика настолько стабильна, что позволяет выделять достаточное число ресур-

сов, то распределение может быть однократно зафиксировано и необходимость участия в нем не будет обременять ученых. Идиллию стационарного распределения нарушают два фактора: необходимость воспроизводства ученых вследствие естественной убыли и задержка во времени между выделением ресурса на научное исследование и оценкой полученного результата. Не существует способа, который позволяет достоверно оценить способности будущего ученого, кроме как на основании уже выполненных им научных работ. То есть нет возможности, создав набор тестов, выделять из массы абитуриентов тех, кто не просто способен стать ученым, а кто станет ученым в конкретной области в соответствии с прогнозируемой естественной убылью. Подготовка новых поколений ученых является конкурентным процессом, в результате которого ученым становится не столько тот, кто обладает способностями, сколько тот, кто может реализовать свои способности, демонстрируя качественный научный результат. Важно, что для подтверждения способности стабильно получать качественный научный результат дается не одна, а несколько попыток продемонстрировать результаты научных исследований. Не все попытки будут удачны, даже у тех, кто в дальнейшем станет ученым. Однако без соревновательности в отборе будущих ученых нет гарантии, что наукой будут заниматься те, кто готов добиваться качественных результатов.

Конкурентность отбора в научной среде можно оценить по соотношению числа тех, кто стал ученым, к тем, кто пытался им стать. По эмпирическому наблюдению, 75 % авторов опубликуют за все время научной карьеры одну или две статьи, что составляет 25 % общего числа статей [Price, 1986, p. 223]. Отсюда следует, что как минимум только один

из четырех авторов продолжает научную карьеру (более подробное обсуждение см. в разделе 3.6. Показатели для ученых и организаций). Доля студентов, выбравших научную карьеру, из числа всех студентов, получивших диплом, еще меньше.

Кроме того, в описанной выше схеме стационарного распределения ресурсов существует скрытая угроза, что ученый, получив один раз гарантию выделения ресурсов, перестанет вкладывать усилия в достижение новых результатов, а в лучшем случае будет работать над улучшением результата, полученного ранее, что далеко не всегда требуется для дальнейшего развития научного направления или практического использования результата. Нужно сделать еще раз оговорку, что значимость полученных научных результатов достоверно оценивается через много лет и только после применения на практике. Необходимость регулярно доказывать важность пролонгирования выделения ресурсов на продолжение исследований по научному направлению способствует оценке ученым важности проводимого исследования извне, а не изнутри коллектива единомышленников с учетом всех указанных выше особенностей процесса принятия решений.

В обсуждениях в качестве аргумента против регулярной оценки часто приводится пример о времени, затраченном Г. Я. Перельманом на доказательство гипотезы Пуанкаре. В качестве возражения против использования данного примера отметим следующее: во-первых, пример Г. Я. Перельмана скорее доказывает, что лишь очень небольшое число людей готовы концентрировать все свои силы только на решении проблемы и достигнуть результата; во-вторых, не обязательно повторять предыдущий путь, можно работать лектором и точно так же концентрироваться

на сложной задаче, причем никто от вас не будет требовать промежуточных отчетов. Например, в 2013 г. лектор университета Нью-Гэмпшира Итан Чжан (Yitang Zhang) опубликовал в *Annals of Mathematics* статью, позволяющую существенно продвинуться в доказательстве гипотезы о простых числах-близнецах. Свою первую работу [Klarreich, 2013] он опубликовал в возрасте 50 лет, и это был его первый научный результат после получения степени PhD в 1991 г.

Рассмотрев ограничения идеальной модели распределения ресурсов на научные исследования, вернемся к реальности, в которой ресурсы, выделяемые на науку, не только зависят от состояния экономики страны, но и меняются в зависимости от приоритетов развития. По образному выражению В. Л. Кожевникова, директора ИХТТ УрО РАН, состояние науки и технологий — это производная от уровня развития страны [Расчет на одного ученого, 2012]. Каждый новый год научное сообщество может столкнуться с сокращением финансирования, как следствие, часть исследований придется выполнять за меньшие суммы или сокращать персонал. В случае регулярного сокращения финансирования ожидать получения высоких результатов на прежнем уровне не приходится. Стоимость получения научных результатов, которые позже могут быть опубликованы в научных журналах, сопоставима в развитых странах (подробнее см.: [Кожевников, Поляков, 2010] и далее в данной главе). Негативным следствием долговременного сокращения финансирования или систематического недофинансирования научных исследований является невозможность быстрого воспроизводства необходимого числа ученых, которые смогут генерировать научный результат высокого уровня, даже в случае кратного роста финансирования. Аналогичная про-

блема медленного роста числа ученых возникает и в случае необходимости быстрого развития приоритетных направлений. Наука как система инерционна, обсуждение сложностей управления инерционными системами выходит за рамки данной работы, и для дальнейшего чтения рекомендуется обратиться к книге: [Медоуз, 2010].

### **1.1. Процесс оценивания**

При принятии решений о распределении ресурсов на научные исследования возникает ситуация, когда уровень компетенции по тематике конкретного исследования лица, принимающего решения, становится недостаточным для единоличного решения. Лицо, принимающее решение, привлекает себе в помощь специалиста, знакомого с предметом исследования, или того, кто может сформулировать аргументированный вариант решения. Привлечение к процессу оценивания решения эксперта в предметной области — наилучший выбор при прочих равных условиях. Замечу, что, по сути, наукометрия, применяемая даже без привлечения экспертов в предметной области, тоже содержит результаты экспертного знания в двух аспектах. Первый аспект — наукометрические показатели требуют для своего расчета привлечения грамотных специалистов. Второй аспект — данные показатели рассчитываются на массиве данных, отражающих результаты научной деятельности с задержкой во времени (подробнее обсуждение см. в разделе 1.5 и в главе 3). В случае привлечения экспертов нужно ответить на три вопроса: кто может выступить экспертом, как сформулировать вопрос эксперту и кто формулирует тематику конкурса по распределению ресурсов.

Если в стране работает небольшая группа специалистов, то отбор экспертов легко мо-

жет быть проведен путем опроса знакомых. А если ключевых специалистов организовать в формальный клуб, то можно решить и проблему экспертизы новых членов для восполнения пула (корпуса) экспертов, необходимого в силу естественной убыли экспертов. Первые академии наук, по сути, являлись клубами экспертов, привлекаемыми для ответов на вопросы, которые волновали монархов. Если ученых становится больше, то можно отобрать пул экспертов и просить их порекомендовать экспертов, которые наилучшим образом могут ответить на вопросы при принятии решения о распределении ресурсов в узкой предметной области. Можно не создавать свой корпус экспертов, а пользоваться существующими, например, можно использовать «Корпус экспертов по естественным наукам»<sup>1</sup>. При привлечении экспертов нужно помнить, что возможен конфликт интересов. В силу узости предметной области можно не найти ни одного эксперта, который бы не был связан с претендентами на ресурсы, либо сами претенденты будут единственными экспертами в предметной области. Подробно, с примерами, социальный аспект привлечения экспертов разобран в лекции, прочитанной М. М. Соколовым (текст лекции см.: [Соколов, 2011]). Важно помнить, что экспертная оценка позволяет принять самое точное и быстрое решение, но часто сопровождается существенными затратами на поиск экспертов и организацию процесса опроса. Одна из причин востребованности наукометрических методов оценки как дополнения к экспертным решениям — это возможность быстрее и дешевле получить доступ к уже сформулированным результатам экспертной оценки с учетом всех ограничений на получение и интерпретацию результата.

Если мы посмотрим динамику развития корпуса экспертов как элитного клуба, то выявится две сложности: отбор новых членов только на основе рекомендательной системы очень быстро понижает общий уровень членов клуба, и члены клуба, сменив область своих научных интересов, могут перестать следить за новыми работами в области, по которой были отобраны. Анализ разных вариантов решений в области сохранения качества элитных клубов в популярной форме приведен в соответствующей литературе [Ефимов, 1988]. Основным условием уверенности в должном уровне экспертов является возможность дополнить мнение коллег внешними признаками, свидетельствующими в пользу сохранения высокого уровня эксперта в своей предметной области. В качестве подобного признака можно было бы использовать ссылки на данного эксперта в учебниках, но довольно часто эти ссылки появляются уже после смерти ученого. Приемлемой заменой может служить отбор экспертов на основе наукометрических показателей. Можно пойти дальше и отбирать экспертов только с использованием формальных показателей. В этом случае мы не связаны необходимостью поддерживать элитный клуб экспертов, поскольку будем отбирать нужных экспертов под конкретную задачу. Сложность реализации данной схемы в том, что эксперты в клубе не только выполняют роли оракулов, выносящих решение по заданному вопросу, но также предоставляют информацию о том, кто из членов клуба лучшим образом может ответить на поставленный вопрос.

Наилучшим решением является компромиссный подход между моделью клуба и моделью поиска экспертов по формальным показателям. Так, эксперты, будучи специалистами в предметной области, смогут

---

<sup>1</sup> <http://www.expertcorps.ru/>

преодолеть ограничение отбора экспертов только на основе формальных признаков, а формальные показатели, подкрепляющие мнение экспертов, будут способствовать повышению объективности при отборе. По описанной схеме работают научные журналы. Роль клуба в этом случае играет редакционная коллегия или совет, а рецензенты отбираются на основе мнения членов клуба с использованием при необходимости наукометрических показателей.

О чем мы должны спрашивать экспертов при распределении ресурсов? Если вопрос будет представлять собой задачу распределения всех ресурсов между несколькими претендентами, то эксперты могут провести распределение несколькими способами — и все они будут обоснованы и, возможно, справедливы. Но если мы, распределив ресурсы, хотим получить результат и можем описать желаемый образ будущего, в котором результат реализован, то вопросы экспертам должны формулироваться в терминах желаемого результата — цели конкурса. Отметим, что цели не обязательно формулируются в терминах получения конкретного результата исследования. При распределении ресурсов могут ставиться цели, связанные с поддержкой существующих научных коллективов, с развитием научных групп, созданием нового направления исследований. Основное требование — цель должна быть сформулирована до проведения опроса экспертов и представлена в форме, доступной экспертам, например в форме текста с описанием желаемого результата, в форме открытых вопросов или в форме анкеты. Для выполнения экспертизы должна быть собрана определенная информация об оцениваемых претендентах, причем важно как собрать данные, которые позволят эксперту в соответствии с целью

высказать свое мнение, так и гарантировать верифицируемость этих данных (подробнее экспертная оценка рассматривается в книге: [Хаббард, 2009]).

Вводя понятие цели в процесс экспертного оценивания, нужно понимать, что не бывает целей без заинтересованных лиц. Цели всегда связаны с лицами, получающими выгоду от результатов достижения цели. Не может быть одной цели у организации (например, у университета) и у группы лиц, которые считают необходимым достижение цели. Кроме того, с этой группой лиц должны быть согласны те, кто может заблокировать достижение цели своими действиями. Вопрос о целях экспертизы и консенсус в формулировке цели есть тот пробный камень, который позволяет получить наиболее качественное распределение ресурсов.

При обсуждении формулировок целей для принятия решений по итогам экспертизы важно затронуть два аспекта, а именно: что делать, если претендентов, достойных поддержки, больше, чем ресурсов, и обратный вопрос, что делать, если претендентов недостаточно для распределения всех ресурсов. Два решения в этом случае могут быть реализованы: либо изменение объема выделяемых ресурсов, либо изменение порогов отбора. Важно при этом учитывать, что выбор между двумя вариантами решений — это чаще всего выбор между кратковременным исчерпанием ресурсов и воспитанием «иждивенческих» ожиданий. Например, используя политический ресурс, можно лоббировать решение, выделяя ресурсы для групп со сниженными показателями в том же объеме, что и для продуктивных групп. Если подобное решение будет принято, то мы либо подкрепим уверенность в том, что высокие показатели — не цель, либо снизим показатели у остальных,

так как, понизив планку в одном месте, мы создаем ожидание повсеместного понижения планки. В случае если остаются нераспределенные ресурсы, более продуктивно вкладывать их в мероприятия по развитию уровня претендентов, исключая «недостойных» претендентов из системы распределения ресурсов.

Последний вопрос в привлечении экспертов: кто формулирует тематику конкурса? С одной стороны, тематика конкурса не может быть задана очень детально, если это не конкурс на выполнение опытно-конструкторской разработки, а с другой стороны, она не может быть сформулирована как решение глобальной задачи, так как в этом случае мы рискуем не дожидаться результатов. Также редко встречаются задачи, для которых практическое применение результатов находится в горизонте планирования от трех до пяти лет. Скорее всего, у такой «краткосрочной» задачи есть вполне конкретный потребитель и коллектив ученых, которые уже работали над задачей, что позволяет видеть контуры практики за теоретическими конструкциями. Кто может сформулировать постановку задачи лучше, чем ученый, уже работающий в предметной области и понимающий возможные связи результатов с потребностями ученых, работающих в других предметных областях? Кажется, что в предложенной схеме существует некий порочный круг: ведь соискатель может сначала сам предложить тему исследования, а затем подать заявку на конкурс и выиграть его. Однако в описанной ранее схеме, схеме самоподстройки, нет конфликта интересов, так как сначала именно эксперты оценивают предложенную тему на предмет перспективности ее разработки, возможности завершить работу и получить результат, и только на следующем этапе ав-

тор темы соревнуется с коллегами за право выполнить работу.

По сути, описанная выше схема является компромиссом, который позволяет снизить затраты на привлечение ресурсов традиционными способами, описанными в форме пяти тактик привлечения ресурсов [Латур, 2013, с. 179–197]. Процитированную книгу Бруно Латура стоит прочитать в дополнение к рекомендованной выше книге Дерек Прайса, так как они взаимно дополняют друг друга, отражая как количественный аспект деятельности науки, так и социальный контекст, в рамках которого происходит научная деятельность.

Скрытая особенность схемы самоподстройки — это возможный отход от потребности практики как критерия полезности результатов научной работы. Можно нарисовать мрачную картину, когда все ученые — участники процесса начнут «играть в бисер» и оторвутся от практических потребностей. Внешне процесс будет реализовываться, однако цель процесса — практическое применение — не будет достигаться. Участники научного процесса признают, что описанная схема содержит элементы риска, но ее главное преимущество — ускорение научного процесса — окупает возможные издержки.

В чем цель ускорения научного процесса? Почему недостаточно для этого уже задействованных ресурсов? Известно, например, что только в странах OECD в 2011 г. в научных исследованиях было занято 4,3 млн человек и численность ученых в мире за последние полвека только возрастала [OECD, 2014]. Основная причина вложения ресурсов в научные исследования состоит в том, что результаты исследований, будучи примененными на практике, позволяют изменять окружающий мир, приспособливая



его к потребностям общества. Однако для применения на практике научный результат должен быть уже получен. Это означает, что начать работать над его получением необходимо существенно раньше.

## **1.2. Целеполагание в научном процессе**

Воздействие результатов науки и технологии на экономику как систему достаточно подробно рассмотрено в соответствующей литературе [Мокир, 2012, с. 45–106]. Статистическую значимость связи между вложениями в науку и технологию и уровнем экономического развития стран читатель может установить сам, обратившись к наиболее репрезентативному набору данных Организации экономического сотрудничества и развития, доступному по подписке [OECD, 2014]. Книга Джоэля Мокира [Мокир, 2012] является последней в триаде книг, которые дают исчерпывающее описание для понимания всех аспектов наукометрии: книга Дерека Прайса, описывающая базовые подходы к индикаторам; книга Бруно Латтура, описывающая социальный аспект, в рамках которого возникают артефакты, измеряемые наукометрией; книга Джоэля Мокира, из которой читатель почерпнет понимание целей научного и технического процесса.

Дж. Мокир предлагает модель связи научного и технического процессов [Мокир, 2012, с. 31–44], которая в обобщенном виде представлена на рис. 1. На схеме учтено представление Б. Латтура [Латур, 2013, с. 257] о жизненном цикле развития науки. Для описания модели использована нотация системной динамики (обсуждение применимости моделей системной динамики см. в [Price, 1986]), которая позволяет представить влияние элементов системы

друг на друга с указанием обратных связей и задержек в системе [Медоуз, 2010]. Вводится деление на два вида знаний:  $\Omega$ -знание, представляющее сумму знаний об устройстве мира и способах его познания, и  $\lambda$ -знание, отвечающее на вопрос, как изменить окружающий мир с использованием технологий.  $\Omega$ -знание создает основу для возможности наращивать  $\lambda$ -знания, что отражено управляющей стрелкой к «крану», ведущему к «бассейну» с именем элемента. Знак «плюс» рядом с управляющей стрелкой обозначает положительную связь: чем больше накапливается в мире  $\Omega$ -знаний, тем больше технологических знаний мы можем создать. Двойное подчеркивание стрелки означает, что процесс накопления происходит с существенной задержкой; например, от момента определения причины заболевания до момента нахождения способа лечения (технология, направленная на изменение человека) проходит много лет, а для некоторых заболеваний поиск способов лечения может затянуться и на десятилетия.

Технологии, составляющие основу  $\lambda$ -знаний, не ограничиваются только инженерными технологиями, а включают всю совокупность приемов по изменению мира, в том числе общества как составной части нашего мира. Помимо технологий,  $\lambda$ -знания включают в себя и набор «рецептов», которые могут быть фиксацией наблюдений и статистических закономерностей без оснований в форме  $\Omega$ -знаний. Отсутствие таких оснований не позволяет понимать границы применения рецептов и причины, по которым они работают или могут перестать работать. Например, область медицины, несмотря на большие ресурсы, которые в нее вкладываются, до сих пор является скорее набором высокоуровневых «рецептов», чем



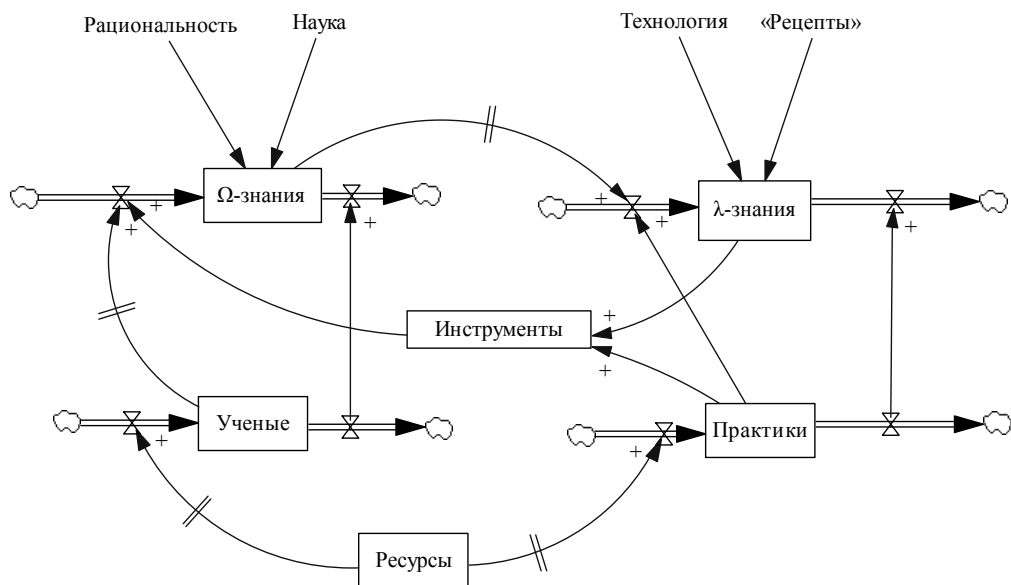


Рис. 1. Модель связи научного и технического процессов по Дж. Мокиру

результатом понимания процессов жизненного цикла организма [Мокир, 2012, с. 232–255]. Важным элементом  $\Omega$ -знаний является рациональный метод как совокупность приемов, лежащих в основе научного метода [Less Wrong, 2006]. Эти приемы позволяют минимизировать искажения (biases) в процессе рассуждений о внешнем мире.

Каждый следующий шаг по изменению  $\Omega$ -знаний — это более компактное, непротиворечивое и полное описание мира по сравнению с предыдущим описанием. Другая формулировка данного принципа дана Д. Гильбертом: «Значение научной работы можно измерить числом предыдущих публикаций, чтение которых становится ненужным после этой работы» [цит. по: Нейгебауэр, 1968, с. 147]. То есть каждый новый научный результат должен сокращать затраты на ознакомление с пре-

дыдущими обобщенными в полученном факте научными результатами либо сокращать наши усилия по получению фактов непосредственно из природы. Из данной формулировки можно вывести критерий оценки научной результативности как число фактов, на которое сокращается доступ при знакомстве с данным результатом. Косвенный показатель, достигаемый при публикации результата и позволяющий судить о степени сокращения числа фактов, это число цитирований данного документа как в форме цитат, так и в форме указаний на общеизвестный факт.

При рассмотрении вопроса приращения  $\lambda$ -знаний нужно принять во внимание, что разные научные направления порождают разные дисциплины  $\lambda$ -знаний. Наиболее распространенные  $\lambda$ -знания представляют инженерные и медицинские дисциплины.

В дальнейшем при описании  $\lambda$ -знаний будут приводиться примеры из области инженерного знания, неявно распространяющие описываемые особенности на все виды  $\lambda$ -знаний. Различие в дисциплинах с точки зрения наукометрических исследований несущественно, так как для исследователя важно понимать, что  $\lambda$ -знания служат для удовлетворения существующих потребностей человека. Социальные и гуманитарные науки могут накладывать свои особенности на  $\lambda$ -знания, базирующиеся на них. Эти особенности необходимо учитывать при наукометрических исследованиях данных наук.

В противоположность научному инженерный метод как способ накопления и обращения знаний основан на использовании «рецептов» — эвристик как способа решения задачи, когда наука не представила теорию, обеспечивающую быстрое и точное решение задачи [Koen, 2003]. Инженер должен решать задачу, не дожидаясь, пока наука предоставит развитую теорию. Показателен пример французских ученых, которые разрабатывали представление о сопротивлении материалов, а в это время английские инженеры строили во Франции мосты (часть этих мостов эксплуатируется до сих пор, пройдя проверку временем).

Цикл обратной связи замыкается по линии от  $\lambda$ -знания через измерительные инструменты к  $\Omega$ -знаниям, что в теории обеспечивает бесконечное приращение научных знаний (подобные циклы называются усиливающими) через развитие технологий и разработку все более совершенных измерительных приборов. В области действия данного усиливающего цикла различия между инженерными и научными методами стираются, и процессы исследований и разработок не могут быть надежно разделены для целей сбора статистики. Поэтому, на-

пример, при сборе статистических данных о науке и технологии, из общего объема НИОКР не могут быть выделены объемы финансирования только на науку.

Особенность как  $\Omega$ -знаний, так и  $\lambda$ -знаний в том, что доступ к ним невозможен без людей, которые прошли специальную подготовку и достаточно долго практиковали работу со знаниями. Любой желающий, потратив некоторое время и, возможно, сумму денег, сможет получить доступ практически к любой опубликованной статье. Однако для понимания содержимого статьи необходимо не только быть знакомым с основными цитируемыми источниками, но и владеть всеми базовыми знаниями по предметной области, в том числе и теми, которые явно не отражаются в письменных источниках. В естественных науках, по оценке Д. Прайса, для надежного обоснования представленной в публикации информации необходимо привлечь в среднем 12 предыдущих работ, с которыми нужно ознакомиться для понимания сути опубликованной работы [Price, 1975, p. 125]. Значение публикаций и ссылок в построении сети аргументации достаточно подробно рассмотрено в литературе [Латур, 2013, с. 46–110].

При обсуждении важности построения и поддержания сети аргументации можно услышать контраргумент, что для некоторых областей науки эта процедура является достаточно сложной либо вообще невозможной в силу малого числа исследователей, работающих в одной области. Р. Коллинз в своем исследовании социологии философии показал, что процессы в философии подобны процессам в естественных науках с двумя особенностями, которые заключаются в существенно замедленном темпе развития и иной, чем в естественных на-

уках, форме построения сети аргументации [Collins, 2000, с. 65–205].

Для общества публикации играют роль внешних признаков, повышающих уверенность в том, что научная работа действительно ведется, а наукометрические показатели играют роль сигналов об уровне выполненной работы. Однако наличие артефактов, функция которых понятна, а содержание недоступно для большинства населения, может порождать недоверие к работе ученых в долгосрочной перспективе. Для предотвращения снижения доверия сами ученые предпринимают меры для популяризации своих достижений. Такие меры (например, сайт научной организации) увеличивают открытость информации о проводимых исследованиях и научных достижениях. Снижение уровня доверия к работе ученых в обществе потенциально опасно тем, что часто приводит к сокращению финансирования, которое перераспределяется в пользу других интересов общества. Регулятором в усиливающем цикле выступает уровень ресурсов, выделяемых на поддержание численности ученых и инженеров.

В  $\lambda$ -знаниях существует аналогичная ситуация с доступом к ним, с той лишь разницей, что не требуется обеспечивать доступность документации для общества, скорее ставится цель усложнить доступ к технологическим секретам для поддержания конкурентного преимущества. Вопрос повышения доверия к инженерам как носителям  $\lambda$ -знаний тоже не ставится, так как выгода от вложений в технологию верифицируется существенно проще, чем в науку.

Когда мы обсуждаем уровень  $\Omega$ -знаний в обществе, мы должны себе отдавать отчет в том, что это только те знания, доступ к которым можно получить через ученых. Отметим, что, по оценке Д. Прайса, порядка 10 %

статей не читаются никем, кроме авторов [Price, 1986, p. 108]. Никакой трагедии в том, что часть информации не востребуется учеными, нет. Однако необходимо помнить, что даже если результаты некоторых исследований зафиксированы в виде публикации и эти публикации доступны, то нет гарантий, что для использования отраженного в статьях знания не понадобится времени, сверх необходимого для чтения и понимания написанного в работах.

Если для доступа к  $\Omega$ -знаниям требуются ученые, то как на их основе инженеры (практики) могут способствовать росту  $\lambda$ -знаний? Мир ученых и мир инженеров не изолированы друг от друга, а возможность сформулировать вопрос и понять ответ гарантируется общей образовательной базой. Для создания инновационных технологических решений подготовку инженеров необходимо проводить совместно с подготовкой будущих ученых. Три из четырех авторов, которые опубликовали одну или две работы в естественных науках и не продолжили в дальнейшем карьеру ученого, скорее выбирают карьеру инженера (обсуждение этого факта см. ранее в главе). Совместная подготовка ученых и инженеров и вовлечение их в научный процесс гарантирует, что выпускники, выбравшие инженерную карьеру, будут не только лучше понимать язык науки и будут способны читать научные работы, но и на практике получают представления о результатах научной деятельности, в которой участвовали в качестве помощников. Предположение о том, что университет, в котором выполняются научные исследования, позволяет наилучшим образом подготовить выпускников к практической деятельности, лежит в основе того, что многие индикаторы рейтингов вузов являются оценкой

уровня именно научных исследований (обсуждение рейтингов см. в части 3.12. Использование библиометрических данных при построении рейтингов вузов и научных организаций).

Должны ли все вузы обязательно вести научную работу, выпуская специалистов высокого качества? Ответ, скорее, нет, не должны. Только порядка 175 университетов в США являются исследовательскими [Розовски, 1995]. Бюджеты исследовательских университетов существенно больше, чем в вузах, которые занимаются только преподаванием. Отвечая на поставленный вопрос, можно предположить, что некоторое время достаточно сосредоточиться только на выпуске практиков, не развивая в вузах науку и экономя деньги. Однако неизбежно наступает момент, когда уровень знаний преподавателей в вузах настолько отстает от текущего уровня развития науки, что уровень практиков в стране становится неконкурентным по сравнению с развитыми странами мира.

Отметим, что еще один аргумент в пользу исследовательских университетов состоит в том, что их выпускники являются лучшим каналом трансфера технологий. Это связано с тем, что они не отягощены грузом существующих в практике представлений, а получили знания о передовых исследованиях, которые будут доступны в практике уже после того, как выпускники начнут свою практическую деятельность. Слабым местом исследовательских институтов, не ведущих подготовку студентов, является то, что для воплощения их результатов в практику требуется содержать структуру, занимающуюся прикладными и опытно-конструкторскими работами, а это замедляет практическое применение научных результатов.

Что является ограничителем роста знаний в модели связи научного и технического процессов (рис. 1)? Это естественная убыль ученых и практиков. Если соответствующая область знаний не находится в области внимания ученых и практиков, то с утратой исследователей и/или инженеров есть риск быстро не восстановить уровень владения знаниями, и часто цена восстановления будет существенной. Риски утраты знаний стали значимы к концу XX в., вследствие того что циклы жизни артефактов, полученных в процессе применения  $\lambda$ -знаний, стали сопоставимы с продолжительностью человеческой жизни. Во врезке приведены примеры утраты знаний, причем важно отметить, что ни в одном случае утрата не была фатальной. Случай с каиновой кислотой скорее иллюстрирует пример утраты знаний в организациях, имеющих доступ к исходному сырью, из которого производился продукт, однако издержки всех участников процесса не становятся от этого меньше. Можно ли средствами наукометрии выявлять области с риском утраты знаний? Ответ — нет, можно только выявить области, которые прекратили развиваться как научные дисциплины, но без экспертов определить причину прекращения развития практически невозможно. В связи с этим нужно отметить два момента: подобный мониторинг с привлечением экспертов был бы очень дорогим (так как эксперты выключаются из процесса производства новых знаний); кроме того, мониторинг не гарантирует полноты нахождения всех случаев потенциальной утраты знаний.

Если в отдельной стране вследствие убыли ученых или практиков утеряны отдельные области знаний, то всегда есть возможность привлечь нужного специалиста из-за

границы. Для этого достаточно поддерживать внутри страны необходимое число экспертов, которые могут идентифицировать носителя требуемых знаний. Однако это не всегда возможно как по экономическим, так и по политическим причинам. Поэтому в стране должен поддерживаться как минимум уровень владения всеми видами знаний, которые необходимы для воспроизводства критических технологий. Максимум ученых и практиков определяется скорее возможностью системы образования воспроизводить кадры и возможностью экономики поддерживать процесс воспроизводства знаний.

### 1.3. Выделяемые ресурсы

Для составления оценки научной деятельности помимо экспертных и наукометрических оценок, основанных на библиометрических показателях, необходимо учитывать, какие ресурсы выделялись на проведение исследований и сколько людей работало на получение результата.

Оценим, как много денег выделяется на проведение научных исследований. Рассмотрение ресурсов ограничивается, как правило, только финансовыми показателями. Это связано с недоступностью информации о материально-техническом обеспечении научных исследований на

**Каиновая кислота** — биологически активное вещество, выделенное из морских водорослей *Digeneasimplex* японскими исследователями S. Murakami, T. Takemoto и Z. Shimizu в 1953 г. [Nitta, 1958]. *Digeneasimplex* используется в традиционной японской медицине. Название кислоты получила от японского слова *Kaininso* — призрак моря. С 1970-х гг. кислота широко используется в нейробиологии как активатор определенного типа глутаматных рецепторов [Kainic acid, 2014]. Химическая структура кислоты приведена на рис. 2.

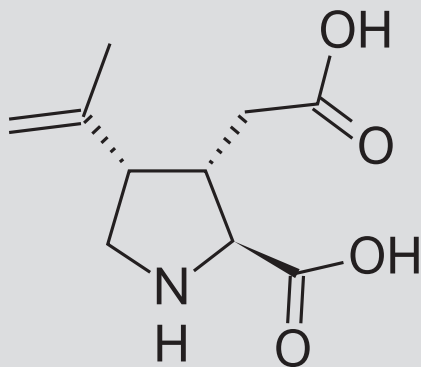


Рис. 2. Химическая структура каиновой кислоты

В конце 1990-х гг. каиновая кислота начала исчезать из каталогов всех фирм-поставщиков, а когда снова появилась в каталогах, то стала стоить значительно дороже [Kainic acid, 2014]. Оказалось, что вне зависимости от этикеток все мировые запасы каината производил некий японец, который ушел на пенсию, и способ выделения каината из водорослей в промышленном масштабе был утерян. Прошло несколько лет, прежде чем фирмы стали производить синтетический каинат, который был значительно дороже выделенного из водорослей [Idelsong, 2009].

#### Корпоративная память и обратная контрабанда.

В конце 2011 г. в сети Интернет был опубликован анонимный текст, описывающий утерю конструкторской документации на нефтехимический завод, построенный в начале 1980-х гг. [Institutional memory..., 2011].

Завод все время до написания текста работал, проблема возникла в тот момент, когда было принято решение о его модернизации. В тексте описаны три стороны проблемы: физическая утрата документации (в том числе и в электронном виде); неполное отражение в документации информации о принятых при проектировании решениях и ограниченная доступность специалистов, которые могут по работающему заводу восстановить проектную документацию, необходимую для его реконструкции.

уровне подавляющего большинства стран, например, ее нет в статистических сборниках OECD [OECD, 2014]. В сборниках на уровне некоторых стран подобная информация доступна. Например, детальная информация о ресурсах, финансовых и оборудовании, привлекаемых для выполнения научных исследований в вузах и научных организациях Министерства образования и науки, собирается Северо-Западным научно-методическим центром (СЗНМЦ) при СПбГЭТУ «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) и публикуется ежегодно в форме статистических сборников. В этих сборниках публикуются, например, показатели, агрегированные по всем вузам страны [Научный потенциал вузов и научных..., 2014], а также доступны отдельные выпуски по каждому федеральному округу с информацией по каждому вузу. Для организаций РАН подобная информация

доступна в изданиях Института проблем развития науки РАН<sup>2</sup>.

На рис. 3 приведено распределение доли от бюджета на НИОКР в некоторых странах мира в зависимости от тематики по данным OECD [OECD, 2012]. Данные по другим странам и периодам могут быть получены из того же источника, который регулярно обновляется. Важно, что представленная статистика не учитывает деление на исследования и разработки, что является результатом сложности создания и использования методики разделения на чистые исследования и разработку в любой НИОКР. Тематики НИОКР классифицированы по шести направлениям: естественные, технические, медицинские, сельскохозяйственные, социальные и гуманитарные. Распределение на диаграмме

<sup>2</sup><http://www.issras.ru/>

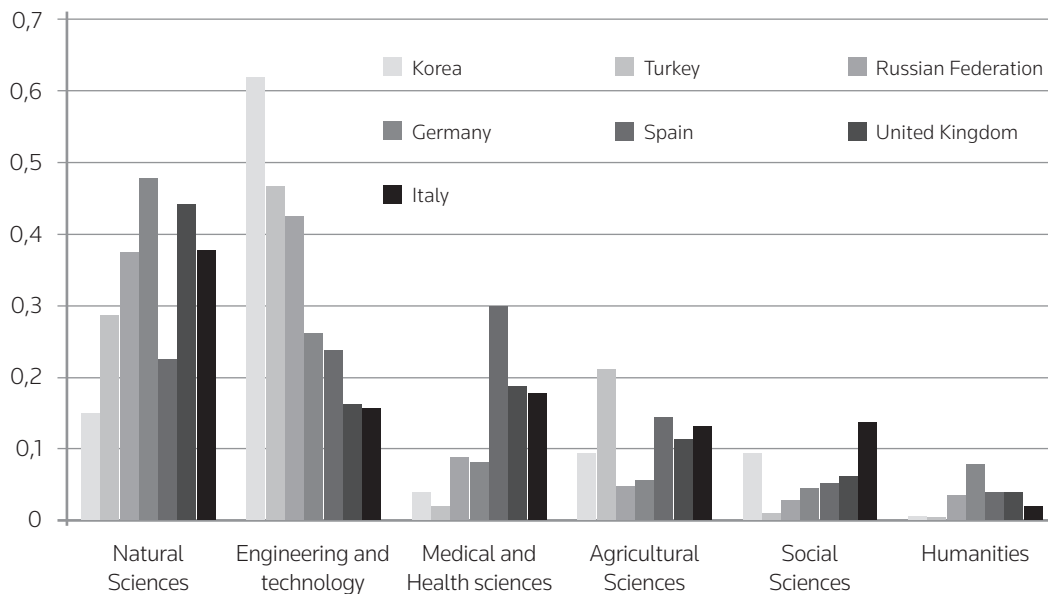


Рис. 3. Распределение доли финансирования НИОКР по отдельным странам и тематикам в 2011 г. (источник: [OECD, 2012])

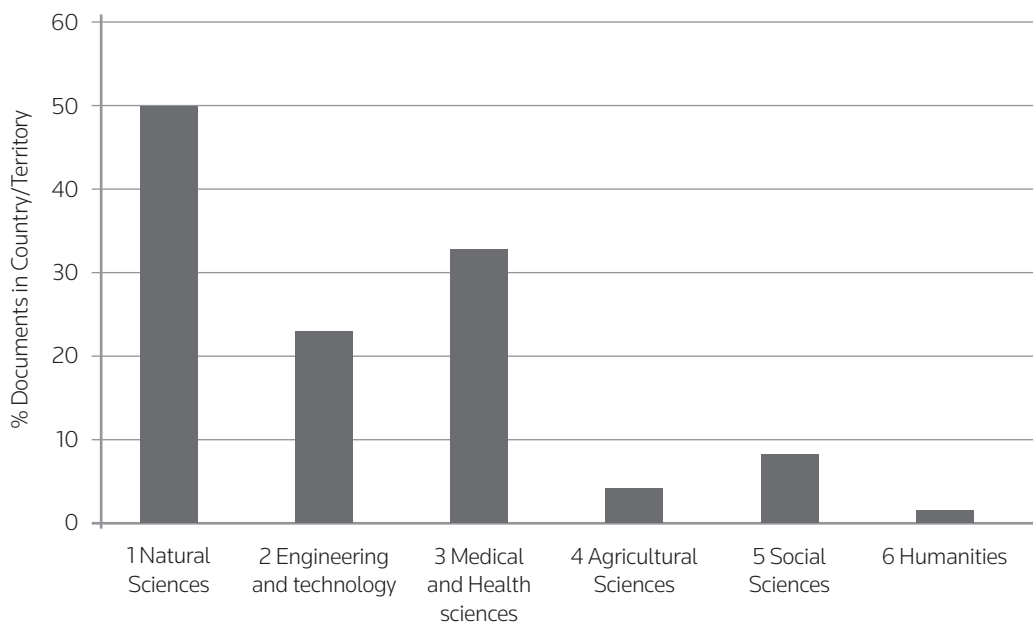


Рис. 4. Распределение публикаций всех стран за период 2011–2013 гг. по тематикам OECD.

Источник: InCites, Thomson Reuters (2012)

(Data Processed: March 31, 2014. Data Source: Web of Science CC)

имеет явно выраженное смещение расходов в область естественных и технических НИОКР. В среднем по миру расходы также смещены в область медицинских исследований, но в большей степени смещение обеспечено за счет расходов отдельных развитых стран, прежде всего США.

Если мы посмотрим на распределение доли публикаций по тематикам OECD за 2011–2013 гг. (рис. 4), то увидим повторение картины распределения финансирования с поправкой на медицинские исследования. Выбор периода агрегирования данных в три года начиная с 2011 г. определяется тем, что финансирование 2011 г. влияет на число публикаций с задержкой. Корректнее было бы сопоставить финансирование и публикации за более длинный интервал вре-

мени, но картина распределения не меняется на протяжении последних 30–40 лет.

В чем причина неравномерности распределения финансирования? Во-первых, разные страны специализируются на тех тематиках, которые дают максимальный вклад в решение задач, наиболее востребованных в экономике страны. Например, Турция отдает существенно больший приоритет исследованиям в сельском хозяйстве, чем медицине. Южная Корея основные ресурсы вкладывает в инженерные НИОКР. Во-вторых, сдвиг в первые три тематические области определяется тем, что в каждой из них имеются структуры, концентрирующие существенные финансовые ресурсы, и существует традиция вкладывать финансы в получение научного результата



с последующей отдачей в практической деятельности. Для естественных и технических НИОКР такими структурами являются государство, обеспечивающее обороноспособность и безопасность страны, а также промышленность, использующая полученные результаты для создания инновационных продуктов. Вопросы распределения ресурсов достаточно подробно рассмотрены в литературе [Латур, 2013, с. 261–280].

Нужно отметить, что, несмотря на существенные затраты на финансирование медицинских исследований и большое число публикаций в данной области, прогресс здесь больше носит характер накопления отдельных «рецептов» [Мокир, 2012, с. 232–255]. Также необходимо отметить, что именно статьи по медико-биологическим

исследованиям содержат больше всего не-верифицируемых исследований.

Может быть, смещение затрат в область технических НИОКР диктуется тем, что большая часть затрат попадает на этап опытно-конструкторских разработок? Исследования показывают, что доля расходов на фундаментальные исследования, которые дают больше всего статей в научных журналах, в структуре НИОКР стабильна и составляет порядка 10 %. Остальные расходы распределяются между прикладными исследованиями и разработками [Латур, 2013, с. 270].

Также распределение выделяемых ресурсов в течение жизненного цикла НИОКР можно проиллюстрировать (рис. 5), разделив период работы по уровням готовности технологии к использованию на практике

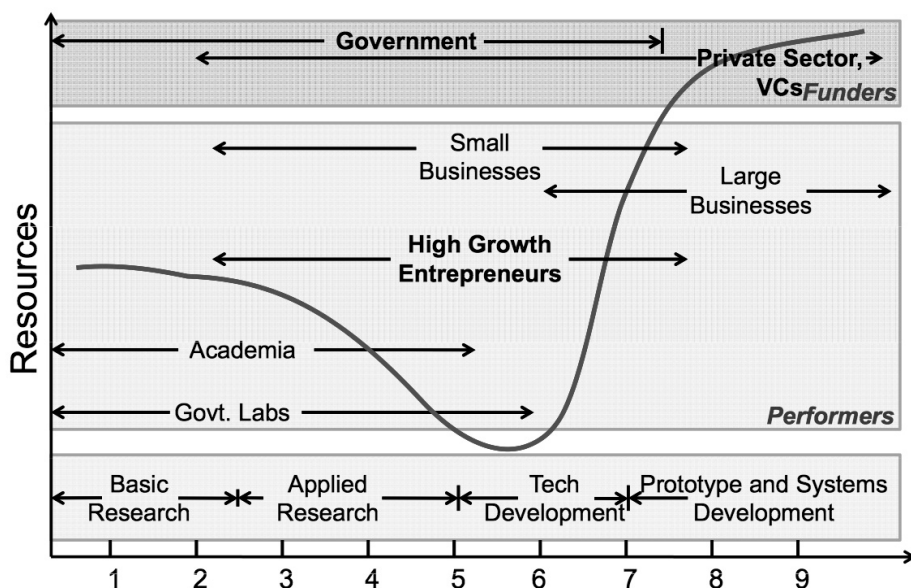


Рис. 5. Распределение затрат ресурсов на выполнение НИОКР. Цифры означают уровень готовности технологии TRL. В блоке Funders указано распределение источников финансирования по секторам экономики. В блоке Performers указано распределение исполнителей.

Иллюстрация из: <http://wp.ifi.uzh.ch/leitner/?p=346>

(Technology readiness level – TRL) [Technology readiness level, 2014]. На рис. 5 видно, что наиболее затратные этапы наступают после этапа фундаментальных исследований (уровни готовности 1–2). Также необходимо отметить, что этап фундаментальных исследований финансируется только государством как наиболее рисковый и с существенной задержкой в получении практических результатов.

Оценим, как много было потрачено денег на производство видимого результата — научной публикации. При оценке нужно выбирать, за какой период провести измерение. Как правило, выбирают пять лет как минимальный срок, за который завершаются исследовательские программы и сглаживаются естественные изменения финансирования. В какой валюте считать? В разные годы курсы валют отличаются, также отличаются и уровни жизни в разных странах. Для проведения межстрановых сравнений OECD использует курс национальных валют

к доллару США по паритету покупательной способности (PPP \$), который рассчитывается по соотношению суммы, которую необходимо заплатить за одинаковый набор товаров в сравниваемых странах. Результаты расчета стоимости за пятилетний период приведены в табл. 1. Отдельно в таблице выделено значение по всем странам OECD. Отметим, что расходы в вузах<sup>3</sup> по аналогичной методике оцениваются в диапазоне от 50 до 150 тыс. PPP \$, что объясняется большей сосредоточенностью вузов на исследованиях, чем на разработках. Также стоит отметить, что высокая стоимость одной публикации в России и Китае объясняется большей долей расходов на технологические разработки, чем на исследования.

Аналогичным образом оценим количество статей, опубликованных на одного исследователя в течение пяти лет. Результаты оценки приведены в табл. 2. Методика расчета

<sup>3</sup>Отчет НИР для разработки плана развития науки в УрФУ, первый этап. Thomson Reuters, 2013.

Таблица 1

**Стоимость одной публикации за период в пять лет в PPP \$\***

	2000– 2004	2001– 2005	2002– 2006	2003– 2007	2004– 2008	2005– 2009	2006– 2010	2007– 2011	2008– 2012
Великобритания	342,1	351,9	358,9	362,1	365,2	366,2	359,6	349,7	337,8
Франция	597,4	607,3	609,6	609,7	613,5	622,5	631,4	639,3	645,1
Германия	682,3	695,2	713,3	730,6	753,1	771,5	791,4	811,0	828,3
<b>--OECD</b>	<b>839,1</b>	<b>853,1</b>	<b>866,6</b>	<b>887,4</b>	<b>909,9</b>	<b>924,5</b>	<b>932,4</b>	<b>935,6</b>	<b>934,1</b>
США	864,1	877,1	890,6	915,9	944,5	967,0	978,6	984,3	987,0
Южная Корея	973,2	942,2	933,4	956,9	976,4	983,5	993,3	996,3	991,5
Россия	483,9	544,5	621,2	706,7	784,3	887,2	971,5	1018,9	1071,6
Китай	1102,4	1101,2	1099,4	1099,5	1106,0	1141,4	1183,2	1217,7	1249,2
Япония	1186,0	1239,1	1300,4	1375,8	1452,0	1496,1	1527,3	1547,6	1553,4

\* Приведены расчеты автора, значения упорядочены в порядке возрастания по последнему пятилетнему периоду, число статей определено по Global Comparisons. InCites, Thomson Reuters (2012). Data Processed: June 1, 2014. Data Source: Web of Science CC, расходы на НИОКР по [OECD, 2014].

Таблица 2

**Число публикаций в период пяти лет на одного занятого в исследованиях (FTE)\***

	2000– 2004	2001– 2005	2002– 2006	2003– 2007	2004– 2008	2005– 2009	2006– 2010	2007– 2011	2008– 2012
Россия	0,29	0,29	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	0,33	0,35
Китай	0,32	0,36	0,41	0,46	0,51	0,50	0,53	0,53	0,54
Япония	0,70	0,71	0,75	0,72	0,72	0,69	0,68	0,68	0,71
Ю. Корея	1,08	0,98	1,06	1,10	1,17	1,11	1,10	1,09	1,14
<b>--OECD</b>	<b>1,28</b>	<b>1,27</b>	<b>1,30</b>	<b>1,28</b>	<b>1,31</b>	<b>1,32</b>	<b>1,33</b>	<b>1,35</b>	<b>1,36</b>
Франция	1,77	1,75	1,71	1,70	1,69	1,76	1,75	1,72	1,74
США	1,68	1,67	1,67	1,61	1,70	1,76	1,77	1,82	1,79
Германия	1,62	1,61	1,65	1,68	1,73	1,78	1,79	1,80	1,80
Великобритания	2,58	2,45	2,32	2,20	2,17	2,07	2,11	2,21	2,30

\* Приведены расчеты автора, значения упорядочены в порядке возрастания по последнему пятилетнему периоду, число статей указано по Global Comparisons. InCites, Thomson Reuters (2012). Data Processed: June 1, 2014. Data Source: Web of Science CC, исследователи FTE на первый год в периоде пяти лет [OECD, 2014].

числа публикаций идентична использованной при построении табл. 1. Число исследователей дано на начальный период пяти лет и приведено к эквиваленту по полной занятости (FTE). Отдельно фоном выделены общие значения по всем странам OECD. Одна из самых низких продуктивностей по числу опубликованных за пять лет статей у России. Причина такого положения в том, что большая часть государственных расходов в нашей стране достается промышленности, при этом государство — основной источник расходов на НИОКР. Для Китая низкие значения показателя являются результатом активного роста вложений в науку при отставании роста числа публикаций.

#### **1.4. Особенности анализа количественных данных**

При проведении наукометрического исследования необходимо учитывать, для кого проводится анализ, кто его проводит и с какой целью, какие используются источники

данных. По сути, наукометрия является формой количественного анализа на основе специализированных источников данных. Количественный анализ возможен только при наличии источников данных, релевантных решаемым задачам. Собственно доступность массивов данных относительно научной деятельности и делает возможным проведение наукометрических исследований без наличия большого штата технических специалистов по поиску, извлечению и обработке первичных данных. Представление о количественном анализе как методе поддержки принятия решений изложено в книге [Дэвенпорт, Ким, 2014], для углубленного изучения аспектов количественного анализа можно обратиться к рекомендованным в ней источникам.

Рассмотрим аспекты проведения количественного анализа данных, которые позволяют эффективно выполнять наукометрические исследования. Первое, с чего нужно начать, это определить, для кого вы

будете готовить анализ, если, конечно, вы не проводите научное исследование с целью подготовки публикации. Потребители вашего анализа определяют цель проводимого анализа (например, в виде вопросов исследования) и форму представления результатов. С вопросами «что?» и «для кого?» нужно определиться перед началом исследования, а не после получения результатов, так как можно потратить много времени впустую, собирая и анализируя данные, которые не дают ответа на поставленные вопросы. Довольно часто потребители сами не могут четко сформулировать задачу. Рассмотрим две возможные причины: недостаток знаний о возможностях наукометрии и нечеткая формулировка решаемой проблемы. В первом случае необходимо проводить обучение, на примерах показывая возможности и ограничения методов наукометрии. Во втором случае рекомендуется сначала обдумать проблему, провести экспресс-анализ и на примерах уточнить поставленную задачу. Проще выполнить несколько предварительных анализов, последовательно уточняя преследуемую цель, чем получить ответ на бесполезный вопрос.

Самый главный аспект деятельности аналитиков, выполняющих количественный анализ, состоит в том, что бесполезно ограничиваться представлением фактов, которые следуют из обработанных данных. Нужно представить варианты решений, возможно даже рассмотрев сценарии реализации того или иного решения. Представление вариантов решения вместе с результатами анализа не заменяет для потребителей необходимость принимать решение самостоятельно. Однако предложенные вами варианты должны очерчивать потенциально реализуемые возможности с анализом

негативных последствий. Совершенно недопустимо представлять только один вариант действий по результатам анализа, минимальное число представляемых вариантов — два. Чем больше разных, но реализуемых вариантов вы сможете предложить, тем адекватнее будет принятое решение [Ловушки мышления, 2014, с. 40–56].

Важным моментом при выработке рекомендаций является необходимость понимания процессов, которые приводят к наблюдаемым данным. Ориентируясь только на статистические данные, легко дать вполне выполнимые рекомендации, которые, однако, не приведут к получению желаемых результатов. Например, многие публикации, выполненные российскими авторами совместно с зарубежными, обладают сравнительно более высокими оценками качества, чем выполненные только россиянами. Дать рекомендацию публиковать больше статей с зарубежными соавторами — это путь к увеличению совместных публикаций с иностранцами, а не путь повышения качества публикаций.

Перед представлением результатов необходимо обязательно проверить восприятие итогового документа на коллегах, это позволит избежать досадных ошибок в анализе. Чтобы выполнить и представить анализ наилучшим образом, рекомендуется обратить внимание на методику, используемую одной из ведущих консалтинговых фирм мира [Инструменты McKinsey, 2009]. К числу наиболее частых недочетов в представляемых анализах относятся отсутствие либо самой методики, по которой был выполнен анализ, либо ее обоснования и отсутствие объяснения выбора бенчмарков, т. е. референтных примеров. Подробнее остановимся на необходимости объяснения выбора бенчмарков, которые позволяют провести

сравнительное исследование. Если вы сравниваете результаты деятельности ученых, то как минимум должны позаботиться о том, чтобы выбранные для сравнения коллеги работали в близкой предметной области, а в идеале были сравнимы по времени научной карьеры и типу организации. Если не ставится цель проведения глобальных сравнений, то желательно учитывать и регионы мира, в которых работают сравниваемые ученые. Выбор корректных бенчмарков — это достаточно сложная задача, но, будучи выполненной один раз, она позволяет в дальнейшем использовать созданный набор элементов сравнения, обязательно каждый раз проверяя, не нарушилось ли условие корректности сравнения.

Для представления результата желательно разработать единообразный стиль оформления для повторяющихся результатов анализа, что позволит обратиться к предыдущим выводам при проведении сравнений. Это также уменьшит затраты потребителей на понимание логики изложения в повторяющихся документах. Обязательно сохраняйте все рабочие материалы анализа, ведь это позволит в будущем восстановить важные детали, которые быстро забываются при выполнении последующих работ. Метод ведения дневника проекта — наилучший метод для повышения качества проведенного анализа. В этом дневнике нужно кратко записывать принятые решения, чтобы была возможность через две недели после сдачи аналитического отчета провести разбор полученного результата с целью понять причины совершенных ошибок и отметить удачные находки, которые стоит применять в дальнейшем.

Без доступа к источникам данных количественный анализ невозможен. Каждый источник обладает своим набором харак-

теристик, которые нужно учитывать при выполнении анализа данных. При обработке информации нужно больше внимания уделять возможностям автоматизированной обработки данных с использованием программ, а не ручному манипулированию сырыми данными. Использование автоматизации при обработке данных позволяет снизить число ошибок, получаемых вследствие рутинной ручной обработки, и больше сосредоточиться на решаемой задаче. Также стоит обратить внимание на доступность аналитических баз данных, в которых информация предварительно обработана и данные подготовлены для сравнительного анализа. Затраты на использование подобных баз данных окупают себя при необходимости выполнения большого объема аналитической работы.

Сложность выполнения наукометрических исследований связана с тем, что при анализе данных нужно понимать контекст проводимых исследований. Если проводить анализ без учета тематики исследуемых предметных областей, то ценность результатов будет подобна ценности информации о средней температуре тела по больнице (не позволяющей выявить, чья температура ниже/выше нормальной). В этом случае возможны два варианта решений. Во-первых, можно создать пул консультантов в предметной области, с которыми проводить обсуждение проводимых исследований. Во-вторых, можно воспитать наукометрических специалистов из ученых, работающих по тематике исследований, и это наилучшее решение. Являясь также активными учеными, наукометрические специалисты, с одной стороны, смогут учитывать контекст проводимых исследований, а с другой — будут лучшими проводниками результатов анализа.

### **1.5. Задержки и артефакты научного и технологического процессов**

В процессе выполнения наукометрических исследований необходимо учитывать три ключевых аспекта научного и технологического процессов: 1) кто генерирует научные результаты; 2) недоступность в общем случае измерения влияния научных результатов на практику; 3) задержку между моментом появления идеи и получением первых измеримых результатов.

При анализе наукометрических данных важно видеть коллективы ученых, работающих над получением результатов, которые вы измеряете. Иначе возникает соблазн воспринимать артефакты научной деятельности как набор событий, которые демонстрируют нестабильные закономерности и которыми можно управлять, увеличивая предоставляемые ресурсы. Связь с практикой, обсуждаемая в разделе 1.2, не порождает видимых артефактов и может быть оценена только по косвенным признакам. Однако наибольшие трудности создают задержки в процессе, порождающем научные артефакты.

Структуру, в рамках которой развивается наука, можно определить как локальную научную группу численностью до 15 человек. Объединяющим началом для группы является научный руководитель, который определяет направление исследований группы. Вместе группу держит несколько моментов. Во-первых, это возможность эффективно использовать выделенные ресурсы (площади, научное оборудование, музейные коллекции и т. п.). Во-вторых, это возможность сокращать затраты членов группы на ознакомление с новыми научными результатами, полученными вне группы. И в-третьих, это возможность проводить обсуждения полученных результатов перед

их публикацией с той целью, чтобы поддерживалась общая репутация группы и чтобы сообщения этой группы не игнорировались внешними коллегами. Структура научной группы подробно исследовалась в литературе [см.: Латур, 2013].

Успешность функционирования научной группы определяется способностью руководителя привлечь финансирование для выполнения исследований. Важно, чтобы это финансирование было регулярным и в объеме, достаточном для функционирования группы. Регулярность привлечения финансирования свидетельствует о том, что лидер понимает интересы лиц, распределяющих ресурсы, и способен привлечь ресурсы внешних групп для обсуждения и совершенствования результатов работы своей группы. Способность группы преобразовать привлекаемые ресурсы (свои и других групп) в измеримые артефакты научного и технологического процесса и оценивается в конечном счете при анализе наукометрических показателей.

Например, если мы видим стабильный рост публикаций по узкой тематике в организации, это означает, что группы, генерирующие научный результат, смогли получить существенное финансирование. Аналогично: если в организации увеличивается доля совместных работ с учеными других организаций по узкой тематике, то весьма вероятно, что увеличили финансирование на научные обмены, но для выяснения, в какой организации произошло увеличение финансирования, нужны дополнительные данные.

Говоря о научной группе, нужно понимать, что можно повысить эффективность ее работы, сократив издержки группы на обсуждение полученных ею результатов. Это можно реализовать, сконцентрировав в одном месте научные группы, работающие

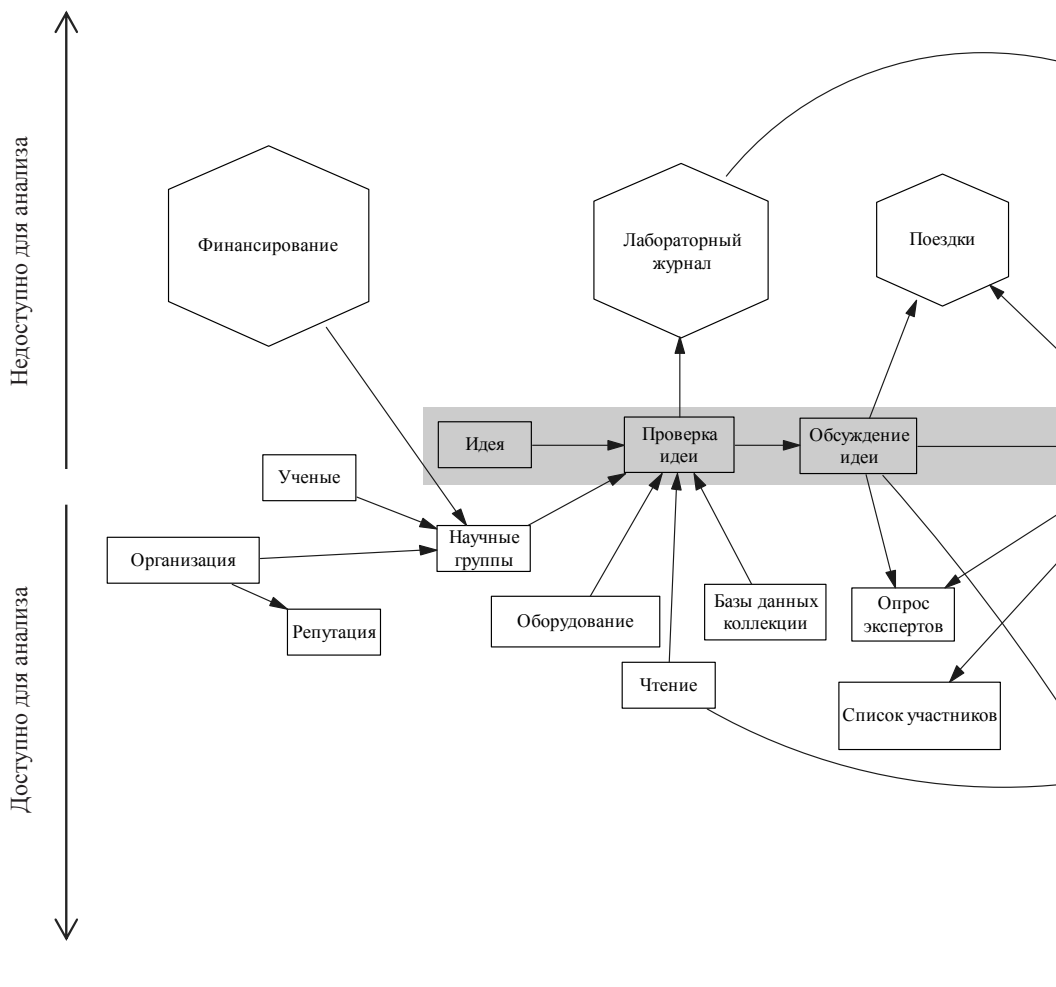
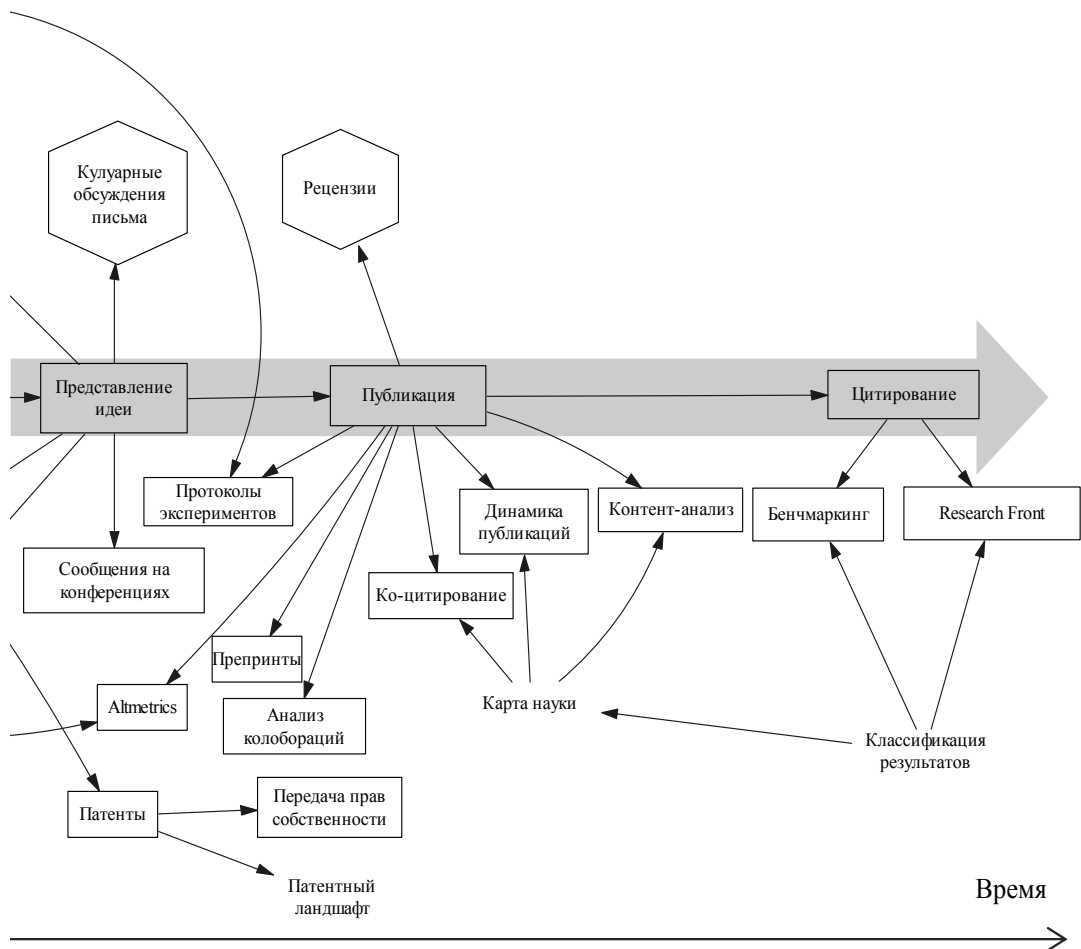


Рис. 6. Задержки времени получения научного результата





и связи между артефактами научного и технологического процессов

над своими проблемами в рамках большой темы. Эффект от концентрации научных групп и его причины рассмотрены в литературе [см.: Яблонский, 2001, с. 228–229]. Любая научная структура, которая специализируется на узкой научной тематике, организует деятельность научных групп внутри себя, будет эффективнее и результативнее, чем разрозненные научные группы. Наиболее известный пример концентрации научных групп для решения сложной проблемы — это Манхэттенский проект.

Специализированная научная структура, например научно-исследовательский институт, если ее существование не связано с уникальным оборудованием, будет исключена из процесса воспроизводства научных кадров, что затрудняет распространение знаний, которые в ней генерируются, и повышает риск застоя. Распределение научных групп по университетам позволяет преодолеть подобное ограничение, но ценой замедления процессов обсуждения, так как коллеги могут находиться территориально далеко. Как эффективно организовать обсуждение в распределенных коллективах? Несмотря на развитость современных средств коммуникации, требуется личное присутствие на таких обсуждениях, так как это позволяет гарантировать концентрацию участников данного процесса на обсуждаемой задаче, а фиксированные даты обсуждений обеспечивают регулярность подготовки отчетов о проделанной работе.

При оценке влияния научных результатов на практику нужно понимать, что патенты не являются артефактами практической деятельности, а возникают в результате работы над НИОКР. Патенты предназначены для фиксации прав собственности и для оповещения о владении технологией, но не для непосредственной их реализации

на практике. Отметим, что для многих областей практической деятельности патенты не играют существенной роли, а права собственности эффективнее охраняются секретами производства. Скудность информации о деталях технологического процесса объясняется тем, что результаты практики в основном генерируются на предприятиях, которые противятся раскрытию деталей своей работы (рис. 5). Можно предложить три параметра оценки результативности технологической деятельности: 1) объемы договоров на исследования со стороны хозяйствующих субъектов; 2) востребованность выпускников, которые участвовали в научном процессе во время учебы; 3) контент-анализ публикаций в журналах, публикующих результаты прикладных работ. Ни один из параметров, приведенных выше, не позволяет провести достоверную количественную оценку, скорее мы получим качественные характеристики.

В качестве вспомогательного инструмента при проведении прикладных наукометрических исследований можно использовать схему, представленную на рис. 6 (см. на предыдущей странице). На схеме изображены развернутые во времени артефакты, получаемые в процессе реализации НИОКР. Стрелки указывают на связь элементов процесса с порождаемыми артефактами. Артефакты над осью процесса практически не поддаются оценке, так как чаще всего недоступны. Артефакты под осью обладают разной степенью доступности, но, как правило, обнаруживаются в разных источниках и в какой-то степени являются измеримыми. Например, данные о части оборудования, установленного в лабораториях Европы, доступны на портале MERIL<sup>4</sup>, а при поиске по полным текстам публикаций можно найти

<sup>4</sup><http://portal.meril.eu/>

информацию о том, в каких работах данное оборудование было задействовано.

Отличие предложенной схемы научного процесса от традиционных схем (например, [How science works, 2014]) в том, что здесь представлена связь между скрытыми элементами научного процесса и артефактами научного и технологического процессов. Особое внимание уделено аспекту измеримости и задержкам в получении результатов. Данная схема акцентирует внимание на том, что от момента появления идеи до публикации первых результатов может пройти много времени (по разным оценкам в среднем от года до трех лет). В течение этого времени высказанная идея не столько оформляется, сколько проходит проверку в процессе экспериментов, внутренних обсуждений и обсуждений с привлечением коллег (например, на конференциях) и т. д. Как следствие, к моменту публикации идея не только оформлена должным образом, но и вплетена в систему представлений коллег об исследуемой области. Раннее ознакомление с идеями редуцирует отторжение нового в научном сообществе, например, обсуждаемый в разделе 3.3 эффект Матфея скорее свидетельствует о том, что если ученые представляют свои идеи на уровне страны, не вовлекая иностранных коллег в обсуждение своих новых результатов, то доверие

к этим результатам меньше. Пояснения многих понятий, представленных на диаграмме, будут даны в следующих главах.

Рассмотренные в главе два «полярных» подхода к оценке научной результативности, а именно экспертное оценивание и опора на наукометрию, не являются взаимоисключающими. Каждый из них обладает своими преимуществами. Только объединив оба подхода в рамках процесса принятия решения и вовлекая в процесс все заинтересованные стороны, при условии максимальной прозрачности методов, которыми получены оценки, можно достичь результата, способствующего развитию науки и технологии для общественного блага. Сложившиеся в странах с развитой наукой механизмы конкурсного распределения ресурсов на научные исследования обладают достаточной степенью свободы для поиска нового, а связь с практикой через определение приоритетов настраивает процесс на достижение полезных результатов для всего общества. Наукометрические инструменты являются в данном случае средством повышения качества принимаемых решений, но не могут стать единственным определяющим критерием. Иначе вместо системы развития научного знания мы получим систему, в которой «ученые» преследуют цели достижения измеримых показателей, а не создания новых знаний.

*Горькавый Н. Н.* don\_beaver – HACA не ценит индекс Хирша. 2014. URL: <http://don-beaver.livejournal.com/137590.html> (дата обращения: 11.06.2014).

*Дэвенпорт Т., Ким Д. Х.* О чем говорят цифры. Как понимать и использовать данные. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. 224 с.

*Ефимов А. Н.* Элитные группы, их возникновение и эволюция // Знание – сила. 1988. № 1. С. 56–64.

Игра в цифры, или как теперь оценивают труд ученого (сборник статей о библиометрике). М.: Изд-во МЦНМО, 2011. 72 с.

Инструменты McKinsey. Лучшая практика решения бизнес-проблем / И. М. Расиел, П. Н. Фрига. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2009. 224 с.

*Кожевников В. Л., Поляков Е. В.* Сравнительная эффективность научного труда в некоторых национальных академиях наук // Вестник УрО РАН. 2010. № 4(34). С. 3–8.

- Латур Б. Наука в действии: Прагматический поворот. СПб.: Изд-во Европ. ун-та в Санкт-Петербурге, 2013. 416 с. (Latour B. Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1988. 288 p.)
- Ловушки мышления. Как принимать решения, о которых вы не пожалеете / Д. Хиз, Ч. Хиз. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. 336 с.
- Медоуз Д. Х. Азбука системного мышления. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 344 с.
- Мокир Дж. Дары Афины. Исторические истоки экономики. М.: Изд-во Института Гайдара, 2012. 408 с. (Mokyr J. The Gifts of Athena: Historical Origins of the Knowledge Economy. Princeton N.J.: Princeton University Press, 2004. 384 p.)
- Научный потенциал вузов и научных организаций Министерства образования и науки Российской Федерации. 2013 / под ред. О. А. Ладного. СПб.: СПбГЭТУ, 2014. 210 с.
- Нейгебауэр О. Точные науки в древности. М.: Наука, 1968. 224 с.
- Расчет на одного ученого / В. Фигнер, М. Акоев, Е. Ульянова. 2012. № 27 (518). URL: <http://expert.ru/ural/2012/27/raschet-na-odnogo-uchenogo/> (дата обращения: 10.06.2014).
- Розовски Г. Университет. Пособие для владельца М.: Иерусалим Мосты Культуры, Гешарим, 1995. 414 с.
- Соколов М. Как управляют научной продуктивностью: лекция. Прочитана 25 ноября 2010 г. в рамках проекта «Публичные лекции Полит.ру». 2011. URL: <http://polit.ru/article/2011/03/05/sokolov/> (дата обращения: 10.06.2014).
- Сообщение idelsong 13 ноября 2009. URL: <http://ivanov-petrov.livejournal.com/1314669.html?thread=63853933> (дата обращения: 24.06.2014).
- Хаббард Д. Как измерить все, что угодно. Оценка стоимости нематериального в бизнесе М.: Олимп-Бизнес, 2009. 320 с.
- Яблонский А. И. Модели и методы исследования науки: Философы России XX века. М.: Едиториал УРСС, 2001. 400 с.
- Collins R. The Sociology of Philosophies: A Global Theory of Intellectual Change Belknap Press of Harvard University Press, 2000. 1098 p. (Русский перевод: Коллинз Р. Социология философий: глобальная теория интеллектуального изменения. Новосибирск: Сибирский хронограф, 2002. 1280 с.)
- How science works: The flowchart / University of California Museum of Paleontology. 2014. URL: <http://undsci.berkeley.edu/article/scienceflowchart> (дата обращения: 24.06.2014).
- Institutional memory and reverse smuggling [анонимный текст]. URL: <http://wrttn.in/04af1a04.12.2011> (перевод на русский язык: URL: <http://ahitech.livejournal.com/171492.html>)
- Kainic acid // Wikipedia, the free encyclopedia. 2014. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Kainic\\_acid](https://en.wikipedia.org/wiki/Kainic_acid)
- Klarreich E. Unheralded Mathematician Bridges the Prime Gap // Quanta Magazine. 2013. URL: <http://www.quantamagazine.org/20130519-unheraldedmathematician-bridges-the-prime-gap/> (дата обращения: 13.06.2014).
- Koen B. V. Discussion of the Method: Conducting the Engineer's Approach to Problem Solving-New York : Oxford University Press, 2003. 276 p.
- Less Wrong is a community blog devoted to refining the art of human rationality. 2006. URL: <http://lesswrong.com/> (дата обращения: 13.06.2014). [Русские переводы части материалов доступны по адресу: URL: <http://lesswrong.ru/>]
- Nitta I. Watase H. Tomiie Y. Structure of Kainic Acid and its Isomer, Allokainic Acid // Nature. 1958. Vol. 181. № 4611. P. 761-762.
- OECD «Main Science and Technology Indicators», OECD Science, Technology and R&D Statistics (database). [2014]. DOI: 10.1787/data-00182-en (дата обращения: 12.06.2014).
- OECD «Research and Development Statistics: Gross domestic expenditure on R-D by sector of performance and field of science», OECD Science, Technology and R&D Statistics (database). [2012]. DOI: 10.1787/data-00187-en (дата обращения 28.04. 2014).
- Price D. Little Science, Big Science and beyond. New York : Columbia University Press, 1986. 301 p. (Перевод первого издания 1963 года на русский язык: Прайс Д. Наука о науке // Наука о науке. М.: Прогресс, 1966. С. 236-254; Он же. Малая наука, большая наука // Наука о науке. М.: Прогресс, 1966. С. 281-384.)
- Price D. Science Since Babylon: Enlarged Edition. New Haven: Yale University Press, 1975. 232 p.
- Technology readiness level // Wikipedia, the free encyclopedia. 2014. URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Technology\\_readiness\\_level](http://en.wikipedia.org/wiki/Technology_readiness_level) (дата обращения: 13.06.2014).